

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

23 MAR 2005

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. April 2004 (22.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/034662 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04L 25/02,
H02M 3/335[DE/DE]; Weldingsfelder Steige 4, 74677 Dörzbach - Ho-
hebach (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/008131

(74) Anwälte: SOLF, Alexander usw.; Candidplatz 15, 81543
München (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juli 2003 (24.07.2003)(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 44 665.2 24. September 2002 (24.09.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): EBM WERKE GMBH & CO. KG [DE/DE]; Bach-
mühle 2, 74673 Muldingen (DE).(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

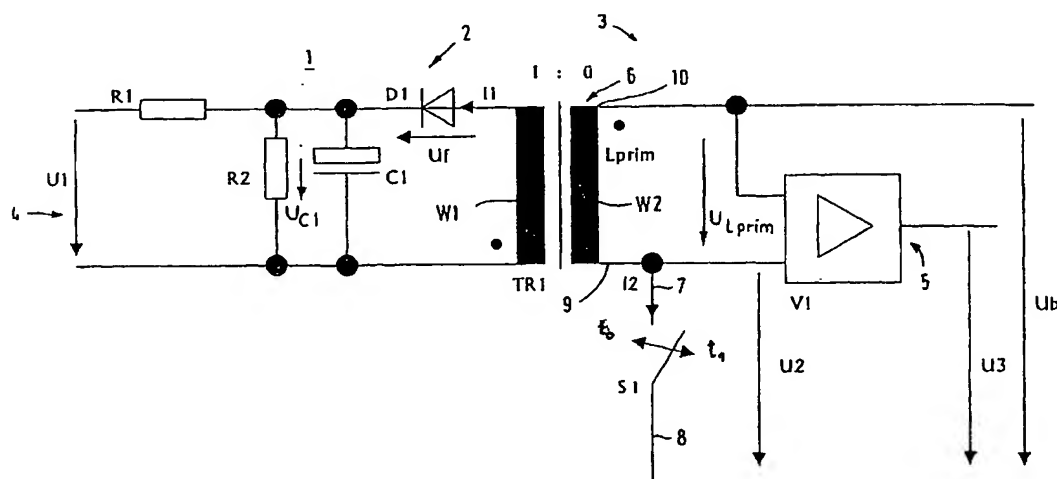
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BÜRKERT, Martin

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CIRCUIT ARRANGEMENT FOR ELECTRICALLY ISOLATED SIGNAL TRANSMISSION

(54) Bezeichnung: SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR GALVANIISCH GETRENNTEN SIGNALÜBERTRAGUNG



(57) Abstract: The invention relates to a circuit arrangement for the electrically isolated transmission of an analog input quantity by means of a signal transmission part, comprising a voltage input and a voltage output and, in particular, for also matching the voltage between the voltage input and the voltage output of the circuit arrangement. The signal transmission part is designed as an inductive signal transmission part (6), and the circuit arrangement is provided with a charging and discharging arrangement having a switching element (S1) so that by actuating the switching element (S1), a charging or discharging current (i1, i2) occurs, which is proportional to an input voltage (U1) and which flows through the signal transmission part (6), and an output voltage (U3) ensues at the voltage output.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur galvanisch getrennten Übertragung einer analogen Eingangsgrösse mittels eines Signalübertragungsteils, mit einem Spannungseingang und einem Spannungsausgang, und insbesondere auch zur Spannungsanpassung zwischen dem Spannungseingang und dem Spannungsausgang der Schaltungsanordnung. Das Signalübertragungsteil ist als ein induktives Signalübertragungsteil (6) ausgebildet, und die Schaltungsanordnung ist mit einer ein Schaltelement (S1) aufweisenden Lade- und Entladeanordnung derart versehen, dass durch Betätigen des Schaltelementes (S1) ein einer Eingangsspannung (U1) proportionaler und durch das Signalübertragungsteil (6) fliessender Lade- oder Entladestrom (i1, i2) auftritt und sich eine Ausgangsspannung (U3) am Spannungsausgang einstellt.

"Schaltungsanordnung zur galvanisch getrennten Signalübertragung"

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur galvanisch getrennten Übertragung einer analogen Eingangsgröße mittels eines Signalübertragungsteils, mit einem Spannungseingang und einem Spannungsausgang, und insbesondere auch zur Spannungsanpassung zwischen dem Spannungseingang und dem Spannungsausgang der Schaltungsanordnung.

Schaltungsanordnungen dieser Art werden im Industriebereich zur Übertragung von Steuersignalen in Geräten mit einem Analogsignalsteuereingang für 0 bis 10 Volt verwendet. Derartige Schaltungsanordnungen werden beispielsweise auch zur Sollwerteinstellung eines Reglers oder zur Bewertung einer Prozeßgröße in einem Regelkreis eingesetzt.

Wegen bestehender Sicherheitsnormen muss ein Steuersignal galvanisch von einem Stromversorgungsnetz getrennt sein und im Sinne dieser Sicherheitsnormen berührbar sein. Einen derartigen Stromkreis bezeichnet man als SELV- oder PELV-Stromkreis.

Bekannt sind Schaltungsanordnungen, die diese Forderung dadurch erfüllen, dass das Analogsignal unter Zuführung einer Hilfsenergie derart umgewandelt wird, dass das Signal mit Hilfe von einfachen optoelektronischen Elementen, z. B. Optokoppler, übertragen und dadurch die galvanische Trennung erreicht werden kann. Hierfür ist teilweise eine relativ aufwändige Umsetzung des Analogsignals in ein pulsbreitenmoduliertes Rechtecksignal und umgekehrt erforderlich, weil einfache Optokoppler nur für digitale Signale geeignet sind. Derartige Lösungen sind ausserdem systembedingt im Bereich um 0 V bzw. 10 V Eingangsspannung nicht linear. Zwar sind

auch lineare Optokoppler, mit denen eine Analog-Digital-Umwandlung und umgekehrt entfällt, bekannt. Sie sind aber teuer und müssen in der Regel abgeglichen werden.

Ein anderes Problem stellen auch unterschiedliche Spannungsbereiche dar, die für verschiedene Baugruppen oder Schaltkreise erforderlich sind. Während z. B. für eine Sollwerteinstellung in einem Regelkreis ein 0 bis 10 Volt-Signal Industriestandard ist, benötigt ein Mikrokontroller einen Eingangsspannungsbereich von z. B. 0 bis 5 Volt. Diese Umwandlung muss möglichst fehlerfrei sein, d. h. die Signalübertragung muss mit größtmöglicher Linearität erfolgen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art zu schaffen, die sehr linear ist und eine galvanische Signaltrennung in einfacher Weise ermöglicht.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass das Signalübertragungsteil als ein induktives Signalübertragungsteil ausgebildet ist und die Schaltungsanordnung mit einer ein Schaltelement aufweisenden Lade- und Entladeanordnung derart versehen ist, dass durch Betätigen des Schaltelementes ein einer Eingangsspannung proportionaler und durch das Signalübertragungsteil fließender Lade- oder Entladestrom auftritt und sich eine Ausgangsspannung am Spannungsausgang einstellt.

Vorteilhaft ist es, wenn der im Signalübertragungsteil enthaltene induktive Energiespeicher mit einem Kern aus magnetisierbarem Material und einer ersten (primär, Windungszahl n_1) und zweiten (sekundär, Windungszahl n_2) Wicklung mit dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}=n_1/n_2$ aufgebaut ist.

Durch die Erfindung ist es überhaupt möglich, ein induktives Signalübertragungsteil, das z. B. wie ein Wechselstrom-Übertrager zur Übertragung elektrischer Energie aufgebaut ist, zur Übertragung eines beliebigen analogen Steuersignals (d. h. auch einer Gleichspannung) auf einfache Weise ohne Zuführung von Hilfsenergie auf der Eingangsseite einzusetzen.

Bisher wurden Übertrager z. B. zur galvanisch getrennten Energieübertragung mit

sinusförmigen Strömen oder anderen periodischen Wechselströmen eingesetzt.

Eine Weiterentwicklung davon stellen getaktete Energieübertragungssysteme wie z. B. Schaltnetzteile dar. Die dabei auftretenden Nebeneffekte werden von der hier beschriebenen Erfindung genutzt.

Ströme und Spannungen am Übertrager hängen auch hier über das Übersetzungsverhältnis $ü$ zusammen und sind primär wie auch sekundär bei Flussänderungen im Kern messbar. So kann z. B. bei gesperrtem Primärstromfluss und sekundärseitigem Entmagnetisierungsvorgang ein 'Abbild' der Sekundärspannung an der Primärwicklung gemessen werden.

Zur Erzeugung eines magnetischen Flusses im Kern ist der Übertrager im Signalübertragungsteil derart mit einem Schaltelement verschaltet, dass die Primärwicklung des Übertragers in Form einer zeitlich begrenzten Abtastung an Spannung gelegt wird, wodurch ein primärseitiger Stromfluss erzeugt werden kann. Dadurch wird eine Aufmagnetisierung des Kerns erreicht. Sofort nach Abschaltung des Schaltelements wird der primärseitige Stromfluss unterbrochen, wodurch die Magnetisierung abgeschlossen ist, was zu einem Stromfluss (als Erhaltungsgröße am Übertrager) im Verhältnis $ü$ in der Sekundärwicklung führt, welcher dann die Entmagnetisierung des Kerns bewirkt. Die treibende Größe für den Entmagnetisierungsstrom ist die Ausgangsspannung des Übertragers, welche als 'reflektiertes' Abbild auf der Primärseite des Übertragers messbar ist.

Um den Entmagnetisierungsstromfluss zu realisieren, ist auf der Sekundärseite des Übertragers vorzugsweise ein Glättungskondensator angeschlossen, welcher erstens von der an dieser Seite eingespeisten Steuerspannung und zweitens von der über den Übertrager übertragenen Energie aufgeladen wird. Ein parallel geschalteter Entladewiderstand bewirkt eine kontinuierliche Entladung des Kondensators um den Betrag, um den er von der pro Abtastvorgang über den Kern übertragenen Energiemenge aufgeladen wurde. Damit wird ein immer weiteres Ansteigen der Spannung am Kondensator verhindert.

Gleichzeitig wird durch einen eingangsseitigen Widerstand, der eine Reihenschaltung mit dem Entladewiderstand bildet, ein dem induktiven Signalübertragungsteil vorgeschalteter Spannungsteiler gebildet. Durch Wahl gleicher Widerstände und durch ein Übersetzungsverhältnis des Übertragers von $\bar{u}=1$ wird eine Signalanpassung erreicht, die das 0-10V-Eingangssignal auf den 0-5V-Eingang nachgeschalteter Komponenten, wie z. B. eines Mikrokontrollers, reduziert. Diese Anpassung muss möglichst genau und möglichst linear erfolgen.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Schaltungsanordnung kann nicht nur mindestens eine Signalwandlungsschaltung eingespart werden, z. B. für eine Analog-Digital-Umwandlung und umgekehrt, sondern auch eine galvanisch getrennte Stromversorgung für die Umwandlungsschaltung.

Das induktive Signalübertragungsteil ist zudem alterungsunabhängig, kostengünstig und benötigt wenig Platz, z. B. auf einer Leiterplatte.

Im Vergleich zu optoelektronischen Lösungen ist die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung sehr linear und weist somit einen sehr geringen Übertragungsfehler auf.

Weitere Vorteile der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Erfindung sowie weitere Vorteile derselben werden an Hand eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnung näher erläutert. Dabei werden gleiche Teile stets mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Es zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung,

Fig. 2 Strom- und Spannungszeitdiagramme,

Fig. 3 zum Vergleich eine erste bekannte Variante einer galvanischen Entkopplung mit einem einfachen Optokoppler und

Fig. 4 ebenfalls zum Vergleich eine zweite bekannte Variante einer galvanischen Entkopplung mit einem linearen Optokoppler.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 1. Diese kann im Industriebereich zur Steuerung von Geräten mit einem Analogsignal und mit einer Spannung U_1 von 0 bis 10 Volt verwendet werden. Sie kann beispielsweise zur Sollwerteinstellung eines Reglers oder zur Bewertung einer Prozeßgröße in einem Regelkreis dienen. Insbesondere wird sie zur Drehzahlsteuerung eines kollektorlosen Gleichstrommotors eingesetzt, wobei ein 0 bis 10 Volt-Eingang vorhanden ist. Zudem erfolgt eine ausgangsseitige Spannungsanpassung auf 0 bis 5 Volt (U_3).

Die Schaltungsanordnung 1 weist einen Spannungseingang 4 und einen Spannungsausgang 5 auf und besteht aus zwei Schaltungsteilen 2 und 3, mit denen eine galvanische Trennung, eine lineare Übertragung einer analogen Steuergröße und insbesondere die Spannungsanpassung zwischen dem Spannungseingang U_1 und dem Spannungsausgang U_3 erreicht wird. Beide Schaltungsteile 2 und 3 sind mit einem induktiven Signalübertragungsteil 6 so elektrisch verbunden, dass eine erste Wicklung W_1 des Signalübertragungsteils 6 dem eingangsseitigen Schaltungsteil 2 und eine zweite Wicklung W_2 des Signalübertragungsteils 6 dem ausgangsseitigen Schaltungsteil 3 zugeordnet sind.

Das Signalübertragungsteil 6 ist ein induktiver Energie-Speicher und besteht in bekannter Weise aus einem geschlossenen Kern aus magnetisierbarem Material, um die die zwei Wicklungen W_1 , W_2 angeordnet sind, wobei die Wicklungen W_1 und W_2 gegenläufig verlaufen bzw. die Schaltungsteile 2,3 entsprechend angeordnet sind, wie die diagonal versetzten Punkte an den Wicklungen W_1 , W_2 veranschaulichen.

Das eingangsseitige Schaltungsteil 2 besteht vorzugsweise aus zwei Widerständen R_1 , R_2 , einem Glättungskondensator C_1 und einer Diode D_1 . Der Glättungskondensator C_1 ist dabei elektrisch zwischen dem ihm parallelgeschalteten elektrischen Widerstand R_2 und der Wicklung W_1 bzw. einer Induktivität TR_1 des Signalübertragungsteils 6 angeordnet. Zwischen dem Kondensator C_1 und der Wicklung W_1 ist die als

Gleichrichtungselement D1 wirkende Diode in Sperrichtung bezüglich des Spannungseingangs verschaltet. Weiterhin ist dem Kondensator C1 ein Ladewiderstand R1 vorgeschaltet. Die Widerstände R1 und R2 sind in Reihe geschaltet und bilden einen Spannungsteiler. Der Ladewiderstand R1 liegt direkt am Eingang, so dass sich die Eingangsspannung U1 gemäß dem von den Widerständen R1 und R2 definierten Teilungsverhältnis zwischen beiden Widerständen R1, R2 aufteilt. Der Kondensator C1 ist Glättungselement, Lade- und Entladeelement zugleich.

Das ausgangsseitige Schaltungsteil 3 besteht vorzugsweise aus einem Transistor als Schaltelement S1 und einem Halbleiterelement mit Differenzeingängen, der als Differenzverstärker V1 ausgeführt ist. Das Schaltelement S1 ist mit einem seiner Schaltenden 7 mit einem Wicklungsende 9 des Signalübertragungsteils 6 und mit seinem anderen Schaltende 8 an Masse bzw. 0 Volt geschaltet. Der Differenzverstärker V1 ist mit seinen Differenzeingängen an beiden steuerspannungsausgangsseitigen Wicklungsenden 9, 10 des Signalübertragungsteils 6 verschaltet. Der Ausgang des Differenzverstärkers V1 bildet den Spannungsausgang 5 mit der Ausgangsspannung U3.

Die in Fig. 1 dargestellten Elemente sind erfindungsgemäß zu einer Lade- und Entladeanordnung geschaltet, die folgendermaßen funktioniert.

Am Steuerspannungseingang 4 liegt die Analogspannung U1 im Spannungsbereich 0 bis 10 Volt an. Der Kondensator C1 wird auf einen Spannungswert U_{c1} aufgeladen und zwar gemäß der Formel

$$U_{c1} = \frac{R2}{R1 + R2} * U1 \quad (1)$$

Die Diode D1 verhindert dabei, dass auf Grund der Spannung U1 ein Strom in die Wicklung W1 fließt, da sie derart geschaltet ist, dass sie bei diesem Ladevorgang einen Sperrzustand einnimmt. Die Widerstände R1, R2 bilden ein Anpassungsschaltungsteil, mit dem eine Ausgangsspannung verändert werden kann.

Das Schaltelement S1 ermöglicht einen Abtastvorgang. Durch das Schaltelement S1 wird praktisch der in dem Kondensator C1 gespeicherte Wert abgetastet, und zwar in bevorzugter Weise von der galvanisch getrennten Seite her.

Zu Beginn des Abtastvorgangs wird das Schaltelement S1 zum Zeitpunkt t_0 , welcher in Fig. 2 in einer Zeitachse t eingetragen ist, geschlossen.

Ein durch die zweite Wicklung W2 und das Schaltelement S1 zuerst (primär) fließender Strom i_2 steigt bis zu einem Abschalten des Schaltelementes S1 an, und zwar nach der Beziehung:

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{U_b}{L_{prim}} \quad (2)$$

Dieser rampenförmige Stromanstieg von i_2 ist in Fig. 2, in der obersten Kurve dargestellt (Rampe 15).

U_b ist hierbei die an der Induktivität L_{prim} der zweiten Wicklung W2 anliegende Spannung, die eine feste Versorgungsspannung einer nicht dargestellten ausgangsseitigen Stromversorgung ist.

Zum Zeitpunkt t_1 , in dem das Schaltelement S1 wieder öffnet, ist eine Energiemenge in dem Kern des Signalübertragungsteils 6 gespeichert worden, wobei das Signalübertragungsteil 6 als induktiver Energiespeicher dient. Eine bestimmte Energiemenge wird daher praktisch in das Signalübertragungsteil 6 mit Hilfe des Schaltelementes S1 geladen.

Diese geladene Energiemenge beträgt:

$$W = \frac{1}{2} * L_{prim} (i_{2,max})^2 \quad (3)$$

Nach dem Öffnen des Schaltelementes S1 kann zwangsläufig kein primärer Strom i_2 mehr durch die ausgangsseitige Wicklung W2 mit der primären Induktivität L_{prim}

fließen, so dass sich an der Seite der Wicklung W1 ein sekundärer Strom i_1 einstellt, wie in dem zweiten Diagramm der Fig. 2 gezeigt ist. Dieser Effekt beruht darauf, dass der Strom durch die Induktivität die Erhaltungsgröße ist und somit von der Induktivität weitergetrieben wird.

Statt des Stromes i_2 fließt also der Strom i_1 in der Sekundärwicklung W2 bis zum Zeitpunkt t_2 weiter, in dem der Kern des Signalübertragungsteils 6 entmagnetisiert und der sekundäre Strom i_1 auf den Wert Null abgeklungen ist.

Hierbei besteht die Beziehung:

$$i_{1,max} = \bar{u} * i_{2,max} \quad (4)$$

wobei \bar{u} das Übertragungsverhältnis zwischen beiden Wicklungen W1 und W2 bedeutet und $i_{1,max}$ und $i_{2,max}$ die Ströme unmittelbar vor bzw. unmittelbar nach dem Öffnungszeitpunkt t_1 bezeichnen.

Der rampenförmige Stromabfall (Rampe 16) nach dem Öffnungszeitpunkt t_1 beträgt:

$$\frac{di_1}{dt} = - \frac{U_{c1} + U_f}{L_{prim} * \bar{u}^2} \quad (5)$$

U_{c1} ist die Spannung am Kondensator C1 und U_f ist die Spannung an der Diode D1, die für diesen Strom i_1 in Durchlassrichtung geschaltet ist. U_f ist in bekannter Weise konstant, z.B. 0,7 Volt.

Die Steilheit der zweiten Rampe 16 ist abhängig von der Höhe der Eingangsspannung U_1 , wie aus der Gleichung (1) und der Gleichung (5) ersichtlich ist. Hierbei ist die Spannung U_1 in einem Zeitfenster maßgebend. Das Zeitfenster T1 mit einem Abtastbeginn (t_0) und einem Abtastende (t_1) ist erforderlich, weil es sich im Prinzip um eine Signal-Abtastung handelt, wobei der abgetastete Wert (U_3) nach dem Zeitpunkt t_1 ähnlich wie bei einer Sample&Hold-Schaltung zur Verfügung steht (vgl. Fig. 2). Die

Spannung U_1 muss keine konstante Gleichspannung sein, sondern kann sich, wie jedes analoge Steuersignal, auch ändern. Die Abtastfrequenz, mit der das Schaltelement angesteuert wird, muss im Verhältnis zu den möglichen Signaländerungen des analogen Eingangssignals viel höher sein. Die Abtastfrequenz kann z. B. 1 Hz bis 100 kHz betragen.

Ihr Wert muss aber vor allem an die Größe von C_1 und R_2 angepasst werden, da zeitgleich zu dem Stromabfall des Stromes i_1 (Intervall T_2 zwischen t_1 und t_2) die Spannung U_c über den Kondensator C_1 um den Betrag ΔU_{c1} ansteigt. Bis zur folgenden, nächsten Abtastung muss der Kondensator C_1 wieder über R_2 um diesen Betrag entladen werden, da die am Spannungsausgang zu messende Spannung sonst verfälscht wird. Den Spannungsverlauf an C_1 zeigt die dritte Kurve in Fig. 2.

ΔU_{c1} berechnet sich aus:

$$\Delta U_{c1} = \sqrt{\frac{L_{prim} * I_{2,max}^2}{C_1}} \quad (6)$$

Dabei beträgt die Spannung U_2 über dem geöffneten Schaltelement S_1 :

$$U_2 = U_{Lprim} + U_b \quad (7)$$

Wie Fig. 2, vierte Kurve, zeigt, ist damit U_2 in diesem Zeitintervall T_2 höher als U_b .

U_{Lprim} errechnet sich aus:

$$U_{Lprim} = a * (U_1 + U_f + \Delta U_{c1}) \quad (8)$$

Aus den vorgenannten Gleichungen ergibt sich:

$$U_2 = U_b + a * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_1 + U_f + \Delta U_{c1} \right) \quad (9)$$

Wenn man die Induktivität L_{prim} so klein dimensioniert (bzw. C_1 groß und R_2 genügend

niederohmig wählt), dass die Spannungserhöhung ΔU_{c1} gegenüber der Spannung U_1 vernachlässigbar klein ist (vgl. Gleichung 6), dann vereinfacht sich die vorangehende Gleichung 9 zu

$$U_2 = U_b + \bar{u} * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_1 + U_f \right) \quad (10)$$

Hiervon wird im Folgenden ausgegangen.

Durch den Differenzverstärker V1 ergibt sich im Zeitintervall T2 zwischen t1 und t2:

$$U_3 = U_2 - U_b \quad (11)$$

Damit ergibt sich:

$$U_3 = \bar{u} * \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_1 + U_f \right) \quad (12)$$

Bei $\bar{u} = 1$ und $R_1 = R_2$ vereinfacht sich die Gleichung 12 zu:

$$U_3 = \frac{1}{2} * U_1 + U_f \quad (13)$$

Am Ausgang 5 des Differenzverstärkers V1 kann also die halbe und um die Spannung U_f verfälschte Eingangsspannung U_1 gemessen werden. Da die Spannung U_f aber eine feste Größe ist, kann die Ausgangsspannung U_3 um die bekannte Spannung U_f , z. B. 0,7 Volt, durch geeignete Mittel oder Verfahren korrigiert werden.

Wie sich nun ergibt, beträgt die korrigierte galvanisch entkoppelte Ausgangsspannung:

$$U_3 = \frac{1}{2} * U_1 \quad (14)$$

Somit ist durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zeitdiskret eine galvanisch getrennte Ausgangsspannung U_3 von 0 bis 5 Volt bei einer Eingangsspannung U_1 von

0 bis 10 Volt vorhanden.

Fig. 3 zeigt zum Vergleich eine erste bekannte Variante einer galvanischen Entkopplung mit einem einfachen Optokoppler 31 (Stand der Technik). Die Eingangsspannung muss zunächst durch einen PWM-Wandler 30 digitalisiert werden, weil der Optokoppler 31, bestehend aus einem Sender und einem Empfänger, nur digitale Signale übertragen kann. Ein Integrierer 32 muss das Signal wieder analogisieren.

Fig. 4 zeigt ebenfalls zum Vergleich eine zweite bekannte Variante einer galvanischen Entkopplung mit einem linearen Optokoppler 41 mit Differenzverstärkern 40 und 42 (Stand der Technik).

In beiden Fällen (Fig. 3, Fig. 4) ist eine zusätzliche galvanisch getrennte Stromversorgung erforderlich.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst auch alle im Sinne der Erfindung gleichwirkenden Ausführungen. Ferner ist die Erfindung bislang auch noch nicht auf die im anspruch 1 definierte Merkmalskombination beschränkt, sondern kann auch durch jede beliebige andere Kombination von bestimmten Merkmalen aller insgesamt offenbarten Einzelmerkmalen definiert sein. Dies bedeutet, dass grundsätzlich praktisch jedes Einzelmerkmal des Anspruchs 1 weggelassen bzw. durch mindestens ein an anderer Stelle der Anmeldung offenbartes Einzelmerkmal ersetzt werden kann. Insofern ist der Anspruch 1 lediglich als ein erster Formulierungsversuch für eine Erfindung zu verstehen.

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zur galvanisch getrennten Übertragung einer analogen Eingangsgröße mittels eines Signalübertragungsstells, mit einem Spannungseingang und einem Spannungsausgang, und insbesondere auch zur Spannungsanpassung zwischen dem Spannungseingang und dem Spannungsausgang der Schaltungsanordnung, dadurch gekennzeichnet, dass das Signalübertragungsteil als ein induktives Signalübertragungsteil (6) ausgebildet ist und die Schaltungsanordnung mit einem Schaltelement (S1) aufweisenden Lade- und Entladeanordnung derart versehen ist, dass durch Betätigen des Schaltelementes (S1) eine Eingangsspannung (U1) proportionaler und durch das Signalübertragungsteil (6) fließender Lade- oder Entladestrom (i_1 , i_2) auftritt und sich eine Ausgangsspannung (U3) am Spannungsausgang einstellt.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch durch zwei von dem Signalübertragungsteil (6) galvanisch getrennte Schaltungsteile (2, 3).
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lade- und Entladeanordnung einen aus dem Signalübertragungsteil (6) gebildeten induktiven Energiespeicher mit einer ersten und zweiten Wicklung (W1, W2) - insbesondere mit einem Kern aus magnetisierbarem Material - aufweist, wobei zwischen dem Spannungsausgang und der zweiten Wicklung (W2) des Signalübertragungsteils (6) das Schaltelement (S1) derart verschaltet ist, dass durch das Schaltelement (S1) ein Abtast-Schaltungsteil gebildet ist, welches eine galvanisch getrennte Abtastung einer Spannung (Uc1) ermöglicht.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaltelement (S1) mit einem seiner Schaltenden (7) mit einem Wicklungsende des Signalübertragungsteils (6) und mit seinem anderen Schaltende (8) an Masse bzw. 0 Volt geschaltet ist.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Differenzverstärker (V1) mit seinen Differenzeingängen an ausgangsseitigen Wicklungsenden (9, 10) des Signalübertragungsteils (6) verschaltet ist, wobei der Ausgang des Differenzverstärkers (V1) den Spannungsausgang mit der Ausgangsspannung (U3) bildet.
6. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Lade- und Entladeanordnung einen Glättungskondensator (C1) aufweist.
7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Glättungskondensator (C1) elektrisch zwischen einen ihm parallelgeschalteten elektrischen Widerstand (R2) und einer Wicklung (W1) an einer Wicklungsseite des Spannungseingangs des Signalübertragungsteils (6) verschaltet ist, wobei zwischen dem Glättungskondensator (C1) und der Wicklung (W1) ein Gleichrichtungselement (D1) - insbesondere eine Diode - derart geschaltet ist, dass dieser bei einem Ladevorgang einen Sperrzustand einnimmt und wobei dem Glättungskondensator (C1) ein Ladewiderstand (R1) vorgeschaltet ist.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaltelement (S1) derart an einer ausgangsseitigen Wicklungsseite des Spannungsausgangs verschaltet ist, dass durch Ein- bzw. Ausschalten des Schaltelementes (S1) der Glättungskondensator (C1) geladen bzw. entladen wird.
9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine durch wiederholtes Öffnen und Schließen des Schaltelementes (S1) erreichte Abtastfrequenz derart bemessen ist, dass durch Entladung des Glättungskondensators (C1) eine an dem Glättungskondensator (C1) auftretende Spannungserhöhung mittels des Widerstands (R2) möglich ist.
10. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
einen zwischen dem Spannungseingang (4) und einer ersten Wicklung (W1) des induktiven Signalübertragungsteils (6) verbundenen Anpassungsschaltungsteil zur Anpassung einer Ausgangsspannung an eine Eingangsspannung.
11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Anpassungsschaltungsteil eine Reihenschaltung aus elektrischen Widerständen (R1, R2) aufweist, die zu einem Spannungsteiler geschaltet sind.
12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Spannungsteiler ein Teilungsverhältnis von etwa 1:2 und das induktive Signalübertragungsteil ein Übersetzungsverhältnis (\ddot{u}) von etwa $\ddot{u} = 1$ aufweisen.

13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
gekennzeichnet durch
eine Ausbildung eingangsseitig für einen Spannungsbereich von etwa 0 bis 10 Volt und ausgangsseitig für einen Spannungsbereich von etwa 0 bis 5 Volt,
wobei zumindest in diesen Bereichen eine lineare Signalübertragung erfolgt.
14. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das induktive Signalübertragungsteil (6) eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung aufweist, die um einen geschlossenen Magnetkern gewickelt sind.
15. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Schaltelement (S1) ein Halbleiterschaltelement - vorzugsweise ein Transistor - ist.
16. Steuergerät mit einer Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
17. Regler mit einer Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
18. Regler nach Anspruch 17,
gekennzeichnet durch
eine Ausbildung als Drehzahlregler eines Elektromotors - insbesondere eines kollektorlosen Gleichstrommotors.
19. Verfahren zur galvanisch getrennten Übertragung eines Spannungssignals von einer Eingangsseite zu einer Ausgangsseite,
gekennzeichnet durch
eine induktive Abtastung eines geladenen Spannungssignals (Uc1) von der galvanisch getrennten Ausgangsseite her.

20. Verfahren nach Anspruch 19,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
einen Einschaltvorgang eines Schaltelementes (S1), bei dem ein primärer Strom (i_2) durch eine ausgangsseitige Wicklung (W2) eines induktiven Signalübertragungsteiles rampenförmig ansteigt, sowie einen Ausschaltvorgang des Schaltelementes (S1), bei dem der primäre Strom (i_2) auf Null abfällt und anschließend ein sekundärer Strom in einer eingangsseitigen Wicklung (W1) rampenförmig abfallend fließt.

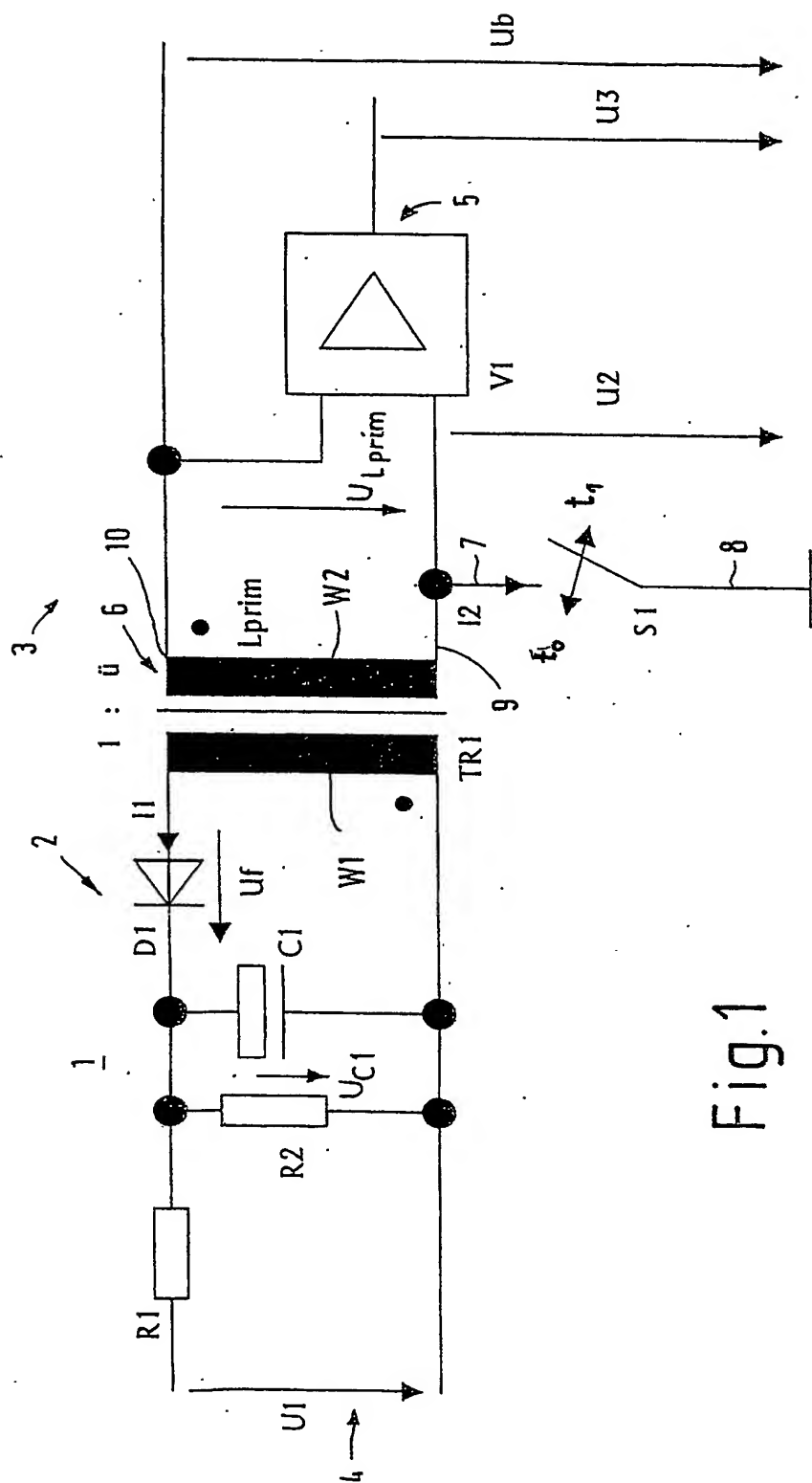


Fig. 1

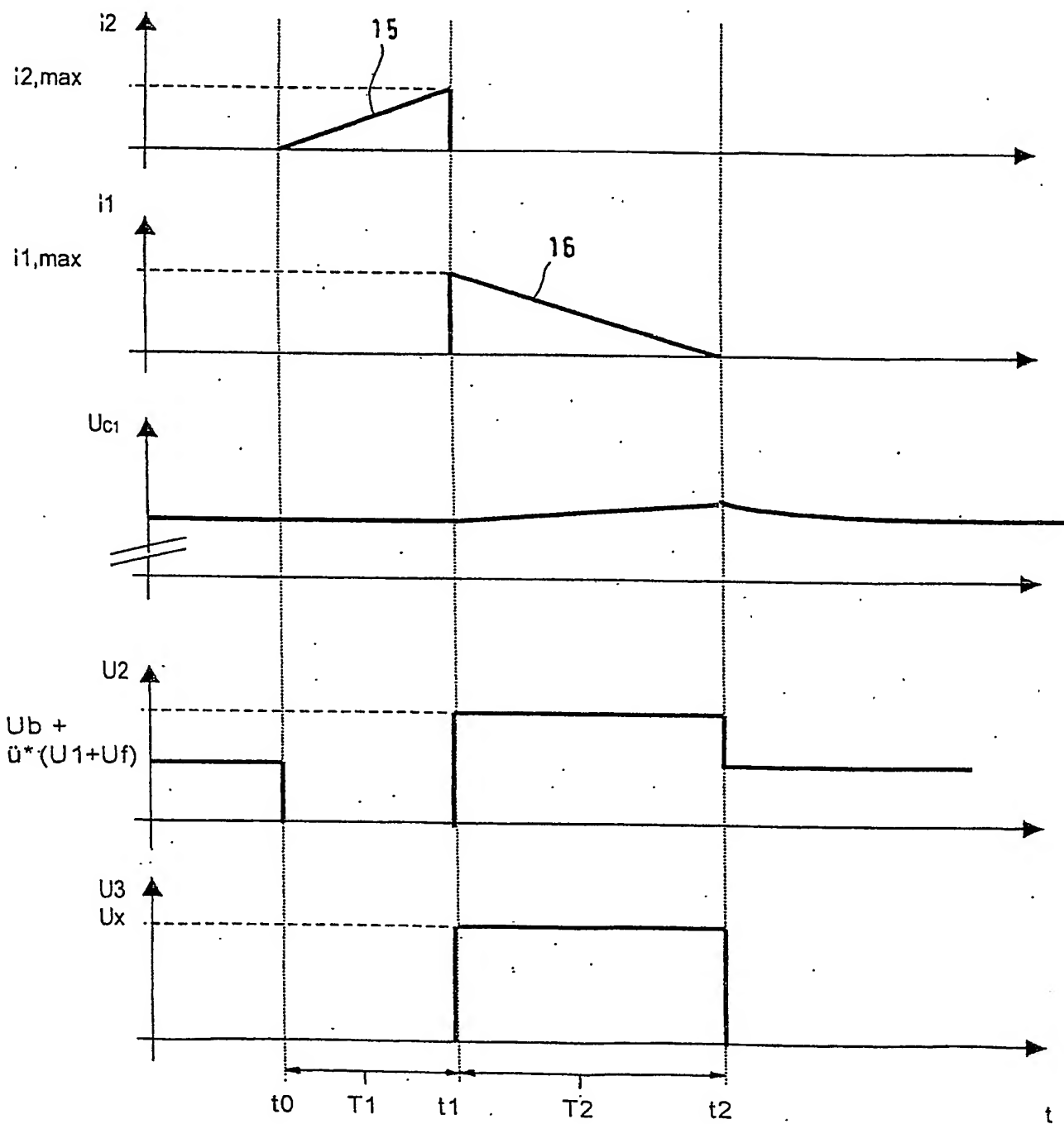


Fig.2

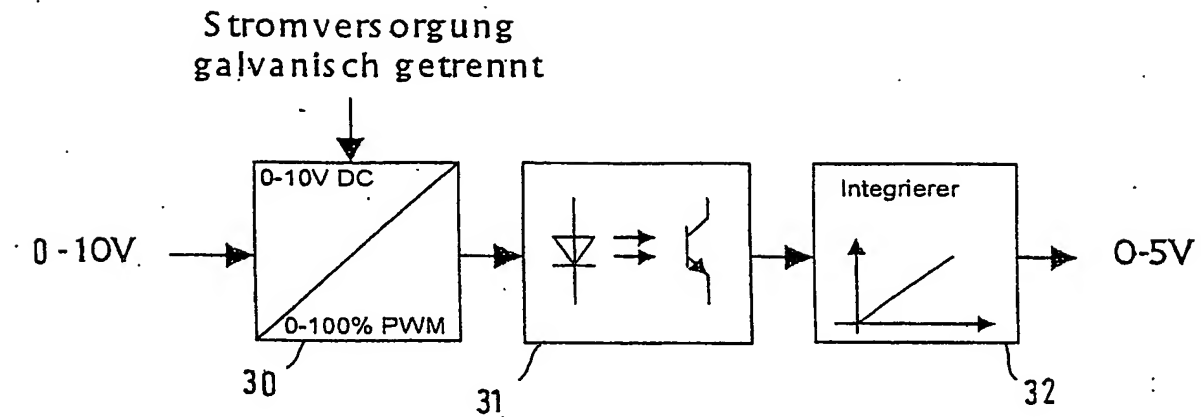


Fig.3 (Stand der Technik)

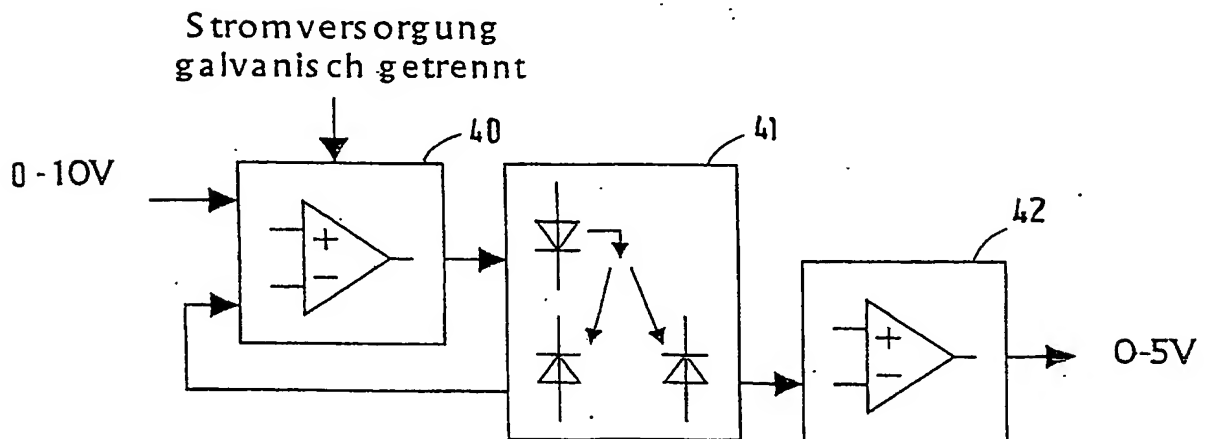


Fig.4 (Stand der Technik)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/08131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04L25/02 H02M3/335

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04L H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 373 726 B1 (RUSSELL ANTOIN) 16 April 2002 (2002-04-16) column 1, line 7 - line 31 column 1, line 55 - line 65 column 2, line 30 - line 35 figures 1,2	1-3,6,8, 10, 14-17, 19,20
X	US 6 144 167 A (BOUWMAN LAMBERTUS J M ET AL) 7 November 2000 (2000-11-07) column 3, line 30 - line 46 -/-	1,2,6, 10,14,19

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 November 2003

Date of mailing of the international search report

28/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moreno, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP 03/08131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04L25/02 H02M3/335

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04L H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 373 726 B1 (RUSSELL ANTOIN) 16 April 2002 (2002-04-16) column 1, line 7 - line 31 column 1, line 55 - line 65 column 2, line 30 - line 35 figures 1,2	1-3,6,8, 10, 14-17, 19,20
X	US 6 144 167 A (BOUWMAN LAMBERTUS J M ET AL) 7 November 2000 (2000-11-07) column 3, line 30 - line 46 -/--	1,2,6, 10,14,19

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 November 2003

Date of mailing of the international search report

28/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moreno, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP 03/08131

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>ANDREW RUSSELL: "Lost-cost isolation amplifier suits industrial applications" DESIGN IDEAS, 'Online! 3 February 2000 (2000-02-03), pages 141-142, XP002261986 Retrieved from the Internet: <URL:http://www.e-insite.net/ednmag/contents/images/20300d1.pdf> 'retrieved on 2003-11-18! page 141 -page 142</p>	1-3,6,8, 10-12, 15,19
A	<p>US 5 103 386 A (HERRMANN DIETER) 7 April 1992 (1992-04-07) figure 1</p>	1-20
A	<p>US 2002/125873 A1 (KANEKO HIROYUKI ET AL) 12 September 2002 (2002-09-12)</p> <p>page 1, column 2, paragraph 5 - last paragraph figure 6C</p>	1,2,6,8, 10,12, 14,15, 19,20
A	<p>NATIONAL SEMICONDUCTOR: "Isolation Techniques For Signal Conditioning" APPLICATION NOTE 298, 'Online! May 1982 (1982-05), pages 1-8, XP002261987 Retrieved from the Internet: <URL:http://www.nalanda.nitc.ac.in/industry/appnotes/Natsem1/AN-298.pdf> 'retrieved on 2003-11-18! page 1, column 1</p>	5,11,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/08131

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6373726	B1	16-04-2002	DE 29901322 U1 08-07-1999
			DE 10002147 A1 03-08-2000
			GB 2346272 A ,B 02-08-2000
			GB 2366098 A ,B 27-02-2002
US 6144167	A	07-11-2000	WO 0014862 A1 16-03-2000
US 5103386	A	07-04-1992	DE 4001324 A1 25-07-1991
			DE 59006229 D1 28-07-1994
			EP 0437884 A2 24-07-1991
			JP 4217860 A 07-08-1992
US 2002125873	A1	12-09-2002	JP 2002272112 A 20-09-2002

INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

Internationaler Recherchebericht

PCT/EP 03/08131

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04L25/02 H02M3/335

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L H02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 373 726 B1 (RUSSELL ANTOIN) 16. April 2002 (2002-04-16) Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 31 Spalte 1, Zeile 55 - Zeile 65 Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 35 Abbildungen 1,2	1-3,6,8, 10, 14-17, 19,20
X	US 6 144 167 A (BOUWMAN LAMBERTUS J M ET AL) 7. November 2000 (2000-11-07) Spalte 3, Zeile 30 - Zeile 46 -/-	1,2,6, 10,14,19

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. November 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/11/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Moreno, M

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>ANDREW RUSSELL: "Lost-cost isolation amplifier suits industrial applications" DESIGN IDEAS, 'Online! 3. Februar 2000 (2000-02-03), Seiten 141-142, XP002261986 Gefunden im Internet: <URL:http://www.e-insite.net/ednmag/contents/images/20300di.pdf> 'gefunden am 2003-11-18! Seite 141 -Seite 142</p>	1-3,6,8, 10-12, 15,19
A	<p>US 5 103 386 A (HERRMANN DIETER) 7. April 1992 (1992-04-07) Abbildung 1</p>	1-20
A	<p>US 2002/125873 A1 (KANEKO HIROYUKI ET AL) 12. September 2002 (2002-09-12)</p> <p>Seite 1, Spalte 2, Absatz 5 - letzter Absatz Abbildung 6C</p>	1,2,6,8, 10,12, 14,15, 19,20
A	<p>NATIONAL SEMICONDUCTOR: "Isolation Techniques For Signal Conditioning" APPLICATION NOTE 298, 'Online! Mai 1982 (1982-05), Seiten 1-8, XP002261987 Gefunden im Internet: <URL:http://www.nalanda.nitc.ac.in/industry/appnotes/Natsemi/AN-298.pdf> 'gefunden am 2003-11-18! Seite 1, Spalte 1</p>	5,11,18

INTERNATIONALER RESEARCH-BERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu einer Patentfamilie gehören

Internationaler Research-Bericht

PCT/EP 03/08131

Im Research-Bericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6373726	B1	16-04-2002	DE 29901322 U1 08-07-1999
			DE 10002147 A1 03-08-2000
			GB 2346272 A ,B 02-08-2000
			GB 2366098 A ,B 27-02-2002
US 6144167	A	07-11-2000	WO 0014862 A1 16-03-2000
US 5103386	A	07-04-1992	DE 4001324 A1 25-07-1991
			DE 59006229 D1 28-07-1994
			EP 0437884 A2 24-07-1991
			JP 4217860 A 07-08-1992
US 2002125873	A1	12-09-2002	JP 2002272112 A 20-09-2002